

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

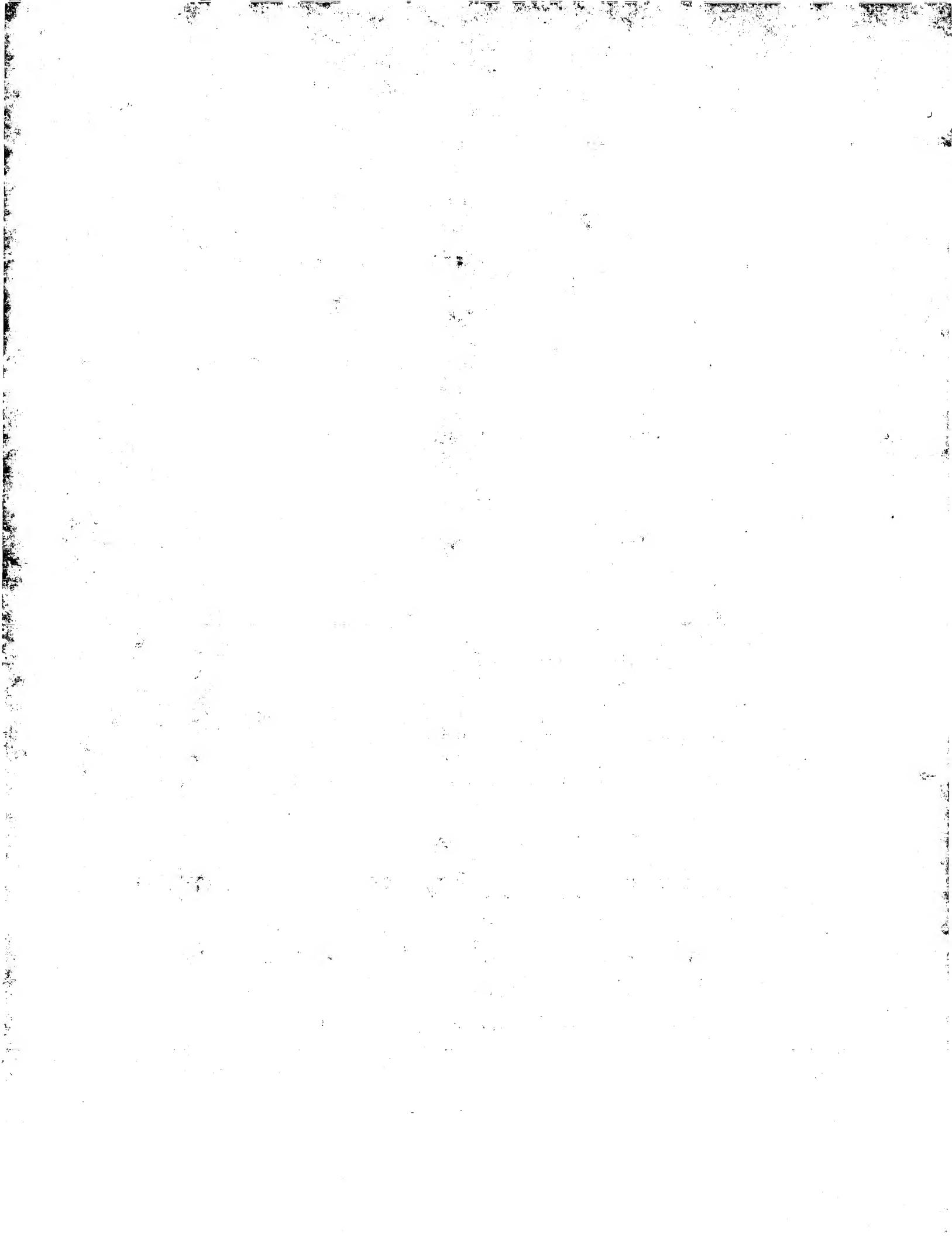
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-150219

(43)Date of publication of application : 02.06.1998

(51)Int.CI. H01L 33/00  
H01S 3/18

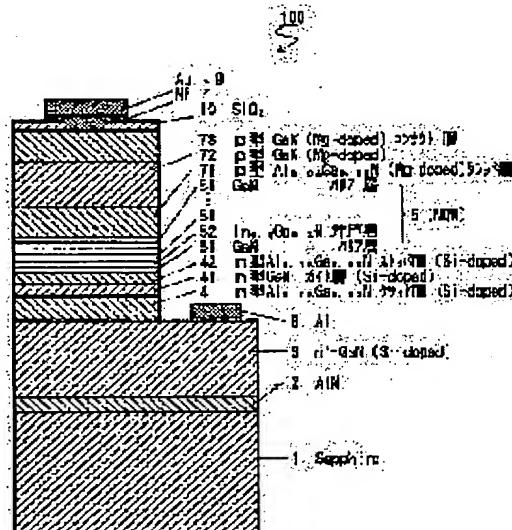
(21)Application number : 08-320797 (71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD  
KAGAKU GIJUTSU SHINKO  
JIGYODAN  
(22)Date of filing : 15.11.1996 (72)Inventor : NAGAI SEIJI  
YAMAZAKI SHIRO  
KOIKE MASAYOSHI

## (54) GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent a P-type guide layer from absorbing light so as to improve a semiconductor laser device in laser output.

SOLUTION: An active layer 5 of InGaN/GaN is sandwiched in between a P-type clad layer 71 wider than the active layer 5 in forbidden bandwidth and a stopper 42, a guide layer 41 is provided to the outside of the stopper layer 42, and a clad layer 4 is formed outside the guide layer 41, thereby carriers are trapped in the active layer 5, and light is confined in the active layer 5, the stopper layer 42, and the guide layer 41. In result, when emitted light is 380 to 430nm long in wavelength, none of the layers where emitted light is confined absorbs emitted light, so that an absorption loss can be eliminated, and a laser device of this constitution can be enhanced in laser output.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特開平10-150219

(43)公開日 平成10年(1998)6月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 01 L 33/00  
H 01 S 3/18

識別記号

F I  
H 01 L 33/00  
H 01 S 3/18

C

審査請求 未請求 請求項の数 1 FD (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平8-320797  
(22)出願日 平成8年(1996)11月15日(71)出願人 000241463  
豊田合成株式会社  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地  
(71)出願人 396020800  
科学技術振興事業団  
埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
(72)発明者 永井 誠二  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内  
(74)代理人 弁理士 藤谷 修

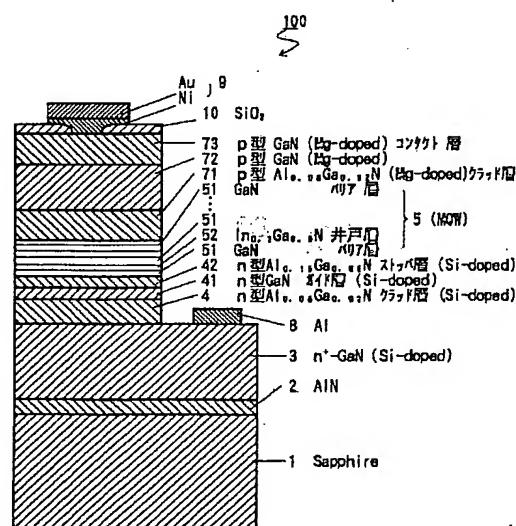
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3族窒化物半導体レーザ素子

## (57)【要約】

【課題】p型ガイド層における光の吸収を防止してレーザ出力を向上させること。

【解決手段】InGaN/GaNにて形成される活性層5を、活性層5よりも禁制帯幅の広いp型クラッド層71とストップ層42で挟み、ストップ層42の外側をガイド層41、その外側をクラッド層4で形成することにより、キャリアを活性層5に閉じ込め、光を活性層5とストップ層42とガイド層41に閉じ込めた。この結果、発光波長が380~430nmのときに光を吸収する層が光の閉じ込めを行う層に存在しないので、光の吸収による損失が無くなりレーザ出力が向上した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】3族窒化物半導体により形成され、活性層と、その活性層よりも禁制帯幅の広いガイド層と、そのガイド層よりも禁制帯幅の広いクラッド層にて構成されるキャリア閉じ込めと光の閉じ込めを分離させたレーザ素子において、

前記活性層はp型の前記クラッド層とn型の前記ガイド層に挟まれており、そのn型のガイド層は前記活性層とn型の前記クラッド層に挟まれていることを特徴とする3族窒化物半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は3族窒化物半導体を用いた半導体レーザ素子に関する。特に、レーザの発振効率を向上させた素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、青色や短波長領域のレーザ素子の材料としてAlGaInN系の化合物半導体を用いたものが知られている。その化合物半導体は直接遷移型であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色及び緑色を発光色とすること等から注目されている。

【0003】AlGaInN系半導体においては、Mgをドープした後、電子線照射等の熱処理を行うことにより低抵抗化することができる。この結果、AlGaNのp型のクラッド層と、InGaNの活性層と、AlGaNのn型クラッド層を用いたダブルヘテロ構造を有するレーザ素子が提案されている。又、レーザ素子においては、薄い層に光を閉じ込めることができ難なことから、キャリア閉じ込め領域と光の閉じ込め領域とを分離させたSCH(Separate Confinement Heterostructure)構造が知られている。これは、活性層をその両側からガイド層で挟み、さらにその外側からクラッド層で挟んだ構造であり、キャリアは活性層に閉じ込められ、光はガイド層と活性層にて閉じ込められている。活性層を両側から挟み込むガイド層の一方はn型GaNであり、他方はp型GaNで形成されており、p型GaNはMgをドープした後、電子線照射等の熱処理を行うことにより低抵抗化をしている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記のようなSCH構造では、発光波長が380～430nmの場合には、p型ガイド層のドーパントであるMgのレベルが380～430nmの光を吸収するレベルにあるので、光が吸収されることにより損失が増加することになる。そこで本発明の目的は、p型ガイド層における光の吸収を無くしてレーザの出力を向上させることである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、3族窒化物半導体により形成され、活性層と、その活性層よりも禁制帯幅の広いガイド層と、そのガイド層よりも禁制帯幅の広いクラッド層にて構成されるキャリア閉じ込め

と光の閉じ込めを分離させたレーザ素子において、活性層はp型のクラッド層とn型のガイド層に挟まれており、そのn型のガイド層は活性層とn型のクラッド層に挟まれていることを特徴とする。

【0006】さらに、請求項1の3族窒化物半導体レーザ素子において、活性層とn型ガイド層の間に、n型ガイド層よりも禁制帯幅の大きいストップ層を形成してもよい。

## 【0007】

10 【発明の作用及び効果】請求項1の発明は、活性層はp型のクラッド層とn型のガイド層に挟まれており、そのn型のガイド層は活性層とn型のクラッド層に挟まれている。この結果、発光波長が380～430nmの場合には、光を吸収するMgがドープされたGaNにて形成されるp型ガイド層がないために光の吸収が行われないのでレーザの出力が向上する。また、光はp型クラッド層及びn型クラッド層により活性層とn型ガイド層に十分閉じ込めることができるので、光閉じ込め効果が低下することはない。また、p型ガイド層でなくp型クラッド層

20 により活性層へのキャリア閉じ込めを行うことにより、p型層のキャリアである電子に対する障壁が十分大きくなり活性層以外へのオーバーフローがなくなり、キャリア注入効率が向上し、レーザ出力が向上する。さらに、p型ガイド層を形成しないのでp型層の形成時間が短縮され、その結果活性層の結晶成長後に高温にさらされる時間が短くなるので、活性層の結晶性の悪化を最小限に抑えることができる。

【0008】さらに、請求項1の3族窒化物半導体レーザ素子において、活性層とn型ガイド層の間に、n型ガイド層よりも禁制帯幅の大きいストップ層を形成してもよく、このようにn型層間にストップ層を設けると、活性層に注入されたキャリアの閉じ込め効果が高くなり、レーザ出力が向上する。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。なお本発明は下記実施例に限定されるものではない。図1は本願実施例のレーザ素子100の全体図を示す。レーザ素子100は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に50nmのAlNバッファ層2が形成されている。

【0010】そのバッファ層2の上には、膜厚約4.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、シリコン濃度 $4 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドープGaNから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3が形成され、そのn<sup>+</sup>層3の上には、膜厚約1.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、シリコン濃度 $4 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドープn型Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Nから成るクラッド層4が形成されている。クラッド層4の上には、膜厚0.2μm、電子濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、シリコン濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドープGaNからなるガイド層41が形成され、そのガイド層41

1の上には、膜厚約20nm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ 、シリコン濃度 $4 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコン(Si)ドープn型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nからなるストッパ層42が形成されている。

【0011】そして、そのストッパ層42の上には、膜厚5nmのGaNから成るバリア層51と膜厚5nmのIn<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>Nから成る井戸層52で構成された多重量子井戸構造(MQW)の活性層5が形成され、その活性層5の上には、膜厚約1.0μm、ホール濃度 $2 \times 10^{17}/cm^3$ 、マグネシウム(Mg)濃度 $5 \times 10^{19}/cm^3$ のp型Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Nから成るクラッド層71が形成されている。

【0012】さらに、クラッド層71の上には、順次、膜厚約200nm、ホール濃度 $3 \times 10^{17}/cm^3$ 、マグネシウム(Mg)濃度 $5 \times 10^{19}/cm^3$ のp型GaN層72、膜厚約100nm、ホール濃度 $6 \times 10^{17}/cm^3$ 、マグネシウム(Mg)濃度 $1 \times 10^{20}/cm^3$ のp型GaNから成るコンタクト層73が形成されている。そして、コンタクト層73上にSiO<sub>2</sub>から成る絶縁膜10が形成され、その絶縁膜10の一部に開けられた窓にNi/Auの2重層から成る電極9が形成されている。一方、n<sup>+</sup>層3上にはAlから成る電極8が形成されている。

【0013】次に、この半導体素子の製造方法について説明する。上記レーザ素子100は、有機金属気相成長法(以下MOVPE)による気相成長により製造された。用いられたガスは、アンモニア(NH<sub>3</sub>)、キャリアガス(H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>)、トリメチルガリウム(Ga(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) (以下「TMG」と記す)、トリメチルアルミニウム(Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) (以下「TMA」と記す)、トリメチルインジウム(In(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) (以下「TMI」と記す)、シラン(SiH<sub>4</sub>)とシクロペンタジエニルマグネシウム(Mg(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>) (以下「CP<sub>2</sub>Mg」と記す)である。

【0014】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を正面とした単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH<sub>2</sub>を流速2liter/分で約30分間反応室に流しながら温度1100°Cでサファイア基板1をベーキングした。

【0015】次に、温度を400°Cまで低下させて、H<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMAを $1.8 \times 10^{-5}$ モル/分で約1.5分間供給してAlNのバッファ層2を約50nmの厚さに形成した。次に、サファイア基板1の温度を1150°Cに保持し、H<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、H<sub>2</sub>ガスにより $0.86 \text{ ppm}$ に希釈されたシランを $2.0 \times 10^{-8}$ モル/分で40分間供給し、膜厚約4.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ 、シリコン濃度 $4 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコン(Si)ドープGaNから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3を形成した。

【0016】次に、サファイア基板1の温度を1100

°Cに保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を10liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $0.47 \times 10^{-4}$ モル/分、H<sub>2</sub>ガスにより $0.86 \text{ ppm}$ に希釈されたシランを $1 \times 10^{-8}$ モル/分で60分間供給して、膜厚約1.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ 、シリコン濃度 $4 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコン(Si)ドープn型Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Nから成るクラッド層4を形成した。

【0017】上記のクラッド層4を形成した後、続いて温度を1100°Cに保持し、H<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、H<sub>2</sub>ガスにより $0.86 \text{ ppm}$ に希釈されたシランを $1 \times 10^{-8}$ モル/分で5分間供給して、膜厚約0.1μm、電子濃度 $1 \times 10^{18}/cm^3$ 、シリコン濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコン(Si)ドープn型GaNから成るガイド層41を形成した。

【0018】次に、サファイア基板1の温度を1100°Cに保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を10liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $2.24 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $0.24 \times 10^{-4}$ モル/分、H<sub>2</sub>ガスにより $0.86 \text{ ppm}$ に希釈されたシランを $1.0 \times 10^{-9}$ モル/分で1.2分間供給して、膜厚約20nm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ 、シリコン濃度 $4 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコン(Si)ドープn型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成るストッパ層42を形成した。

【0019】次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $2.0 \times 10^{-4}$ モル/分で1.5分間供給して、膜厚約5nmのGaNから成るバリア層51を形成した。次に、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>の供給量を一定として、TMGを $7.2 \times 10^{-5}$ モル/分、TMIを $0.19 \times 10^{-4}$ モル/分で1.5分間供給して、膜厚約5nmのIn<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>Nから成る井戸層52を形成した。さらに、バリア層51と井戸層52を同一条件で4周期形成し、その上にGaNから成るバリア層51を形成した。このようにして厚さ55nmのMQW構造の活性層5を形成した。

【0020】次に、サファイア基板1の温度を1100°Cに保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を10liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、TMAを $0.47 \times 10^{-4}$ モル/分、CP<sub>2</sub>Mgを $2 \times 10^{-5}$ モル/分で60分間供給して、膜厚約1.0μm、マグネシウム(Mg)濃度 $5 \times 10^{19}/cm^3$ のマグネシウム(Mg)をドープしたp型Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Nから成るクラッド層71を形成した。

【0021】次に、サファイア基板1の温度を1100°Cに保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、CP<sub>2</sub>Mgを $2 \times 10^{-5}$ モル/分で1分間供給して、膜厚約200nm、マグネシウム(Mg)濃度 $5 \times 10^{19}/cm^3$ のマグネシウム(Mg)をドープしたp型GaN層72を形成した。

【0022】次に、サファイア基板1の温度を1100°Cに保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>を20liter/分、NH<sub>3</sub>を10liter/分、TMGを $1.12 \times 10^{-4}$ モル/分、CP<sub>2</sub>Mgを $4 \times$

10<sup>-5</sup>モル/分で0.5分間供給して、膜厚約100nm、マグネシウム(Mg)濃度1×10<sup>20</sup>/cm<sup>3</sup>のマグネシウム(Mg)をドープしたp型GaNから成るコンタクト層73を形成した。上記のように各層の成長完了状態では、クラッド層71、p型GaN層72、層73は、まだ高抵抗である。

【0023】次に、電子線照射装置を用いて、コンタクト層73、p型GaN層72、クラッド層71に一様に電子線を照射した。電子線の照射条件は、加速電圧約10kV、試料電流1μA、ビームの移動速度0.2mm/sec、ビーム径60μmφ、真空中度5.0×10<sup>-5</sup>Torrである。この電子線照射により、コンタクト層73、p型GaN層72、クラッド層71はそれぞれホール濃度6×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>、3×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>、2×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>、抵抗率2Ωcm、1Ωcm、0.7Ωcmのp型半導体となつた。このようにして多層構造のウエハが得られた。

【0024】次に、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極を形成する部分を除くコンタクト層73の上にスパッタリングによりSiO<sub>2</sub>から成るマスクを形成し、ドライエッティング法により高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極を形成した。

【0025】次に、SiO<sub>2</sub>層10の電極形成部に窓を開けて、その窓の第2コンタクト層73の上に、一様にNi/Auの2層を蒸着して電極9を形成した。一方、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対しては、アルミニウムを蒸着して電極8を形成した。

【0026】その後、上記のごとく処理されたウエハは、各素子毎に切断され、図1に示す構造のレーザ素子を得た。このレーザ素子は発光ピーク波長410nmであり、従来構造のレーザに比べて発光出力は2倍になつた。

【0027】上記レーザ素子100のエネルギーダイアグラムは、図2に示される様になる。図2において、活性層5に注入されたキャリアであるホールはストップ層42の存在により、電子はクラッド層71の存在により、効率良く活性層5に閉じ込められる。また、活性層5で発光した光は、ガイド層41から活性層5の範囲に分布して閉じ込められる。このとき、発光波長が380～430nmであっても光を吸収するマグネシウム(Mg)がドープされたGaNで構成された層がないので、効率良く光を閉じ込めることができる。

【0028】通常のSCH構造のAlGaN系の発光素子においては、キャリアを注入するために電圧を印加すると、十分に低抵抗なp型層が得られていないために、特にp型層側に高い電界がかかることになる。その結果、通常のSCH構造では活性層に隣接する電子に対する障壁が実効的に低くなってしまい、電子のオーバーフローが起きやすくなる。ところが、本構造では活性層のp層側に隣接する層は禁制帯幅の広いクラッド層なので、電子の活性層からのオーバーフローが抑制されるので、よ

り高い光出力までの動作や、より高温までのレーザ発振が実現できる。

【0029】また、上記実施例では、活性層5に多重量子井戸構造(MQW)を用いたが、単一量子井戸構造(SQW)や、バルク構造でもよい。また、ストップ層42がなくても、十分なキャリア閉じ込めができるのでストップ層42がない構造でもよい。

【0030】又、クラッド層4、ガイド層41、ストップ層42のシリコン濃度は、1×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>～1×10<sup>20</sup>/cm<sup>3</sup>が望ましい。1×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>以下であると高抵抗となり、1×10<sup>20</sup>/cm<sup>3</sup>以上となると結晶性が低下して望ましくない。

【0031】n型ガイド層41の厚さは50nm～300nmが望ましい。50nmより薄いと、光の閉じ込め効果が少なく、300nmよりも厚いと、光の閉じ込めが悪くなるので望ましくない。又、p型クラッド層71の厚さは300nm～1μmが望ましい。300nmより薄いと光閉じ込めの効果が少なくなり、1μmより厚いと結晶成長に時間がかかり活性層5を長時間高温にさらすことになり、活性層5の結晶性を悪化させることになりクラックが発生しやすくなるので望ましくない。

【0032】ストップ層42の厚さは、5～50nmが望ましい。5nmよりも薄くなると活性層5におけるキャリア閉じ込め効果が小さく、50nmよりも厚いと光の閉じ込め効果が悪化すると共にキャリアの活性層5への注入効率が低下するので望ましくない。又、ストップ層42のAlの混晶比は、活性層5をInGaN系の半導体で形成した場合には、0.1～0.3が望ましい。Alの混晶比が0.1より小さいと、活性層5に対する障壁が小さくなつてキャリアの閉じ込め効果が低下し、0.3よりも大きいと、活性層5に対するキャリアの注入効率が低下するので望ましくない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的実施例に係るレーザ素子の構成を示した断面図

【図2】同実施例のレーザ素子のエネルギーダイアグラムを示した説明図

#### 【符号の説明】

100…レーザ素子

1…サファイア基板

2…バッファ層

3…高キャリア濃度n<sup>+</sup>層

4…クラッド層

41…ガイド層

42…ストップ層

5…活性層

51…バリア層

52…井戸層

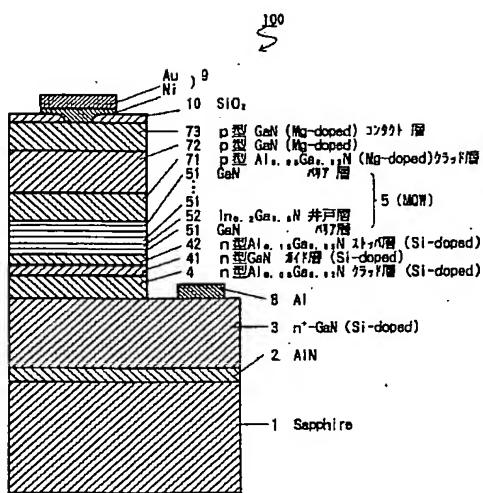
71…クラッド層

72…p型GaN層

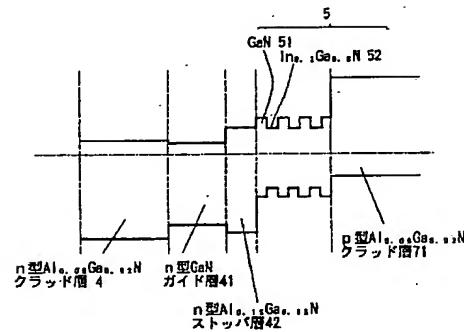
7 3 …コンタクト層  
8 …電極

9 …電極  
10 …絶縁膜

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 山崎 史郎  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小池 正好  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

